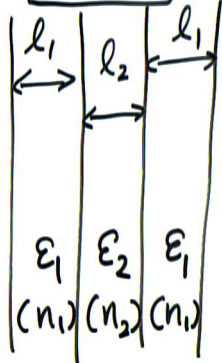


2014年04月14日 11時40分

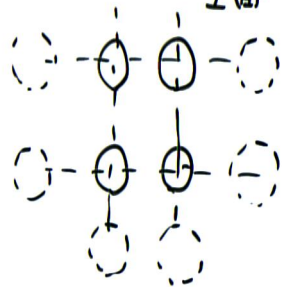
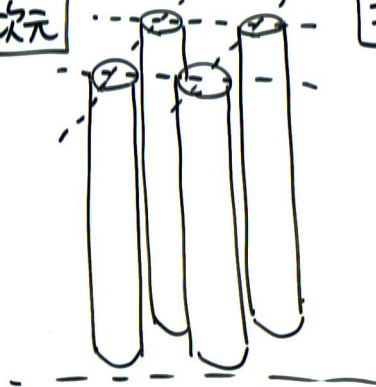
フォトニック結晶 (周期構造)

一次元

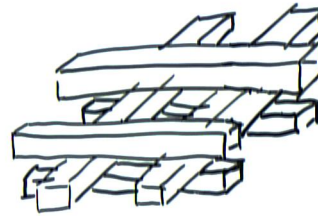


$l_1 + l_2 = P$
(-周期) period

二次元



三次元

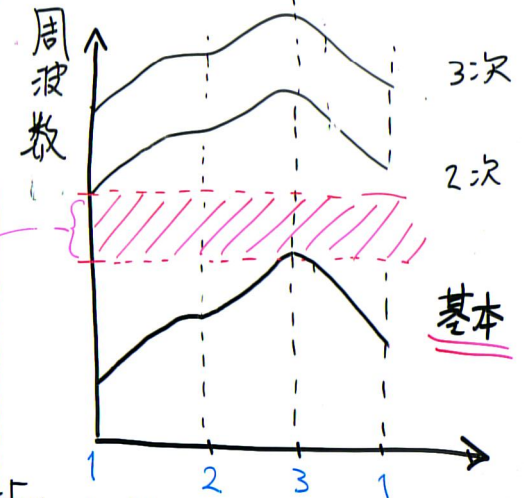
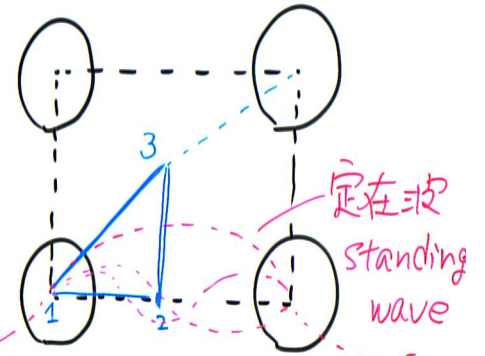


積み木



積み重ねた球

二次元の場合 (最小単位)

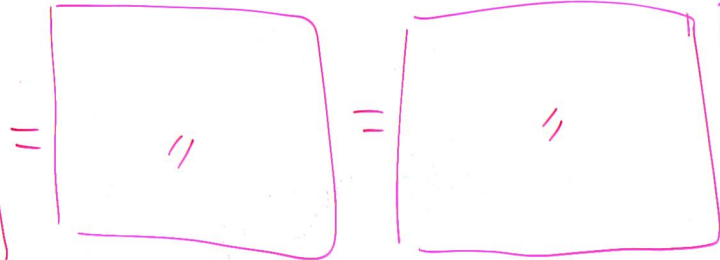


どの方向にも
電波は伝搬
不可能

PBG
フォトニック
バンドギャップ
Photonic
Band
Gap

(例) スマートフォンの
のぞき見防止シール

角度や周波数によっては
光が透過できないように
厚さを設計



参考: 物性工学
物質の構造と
エネルギー
方向と伝搬定数
--- バンドダイアグラム

自由空間内の電波伝搬と伝搬定数 k_0
(位相定数)

送信アンテナ

一波長

$\lambda = \frac{c}{f}$

波長 = $\frac{\text{光速}}{\text{周波数}}$

$\cos(k_0 x)$

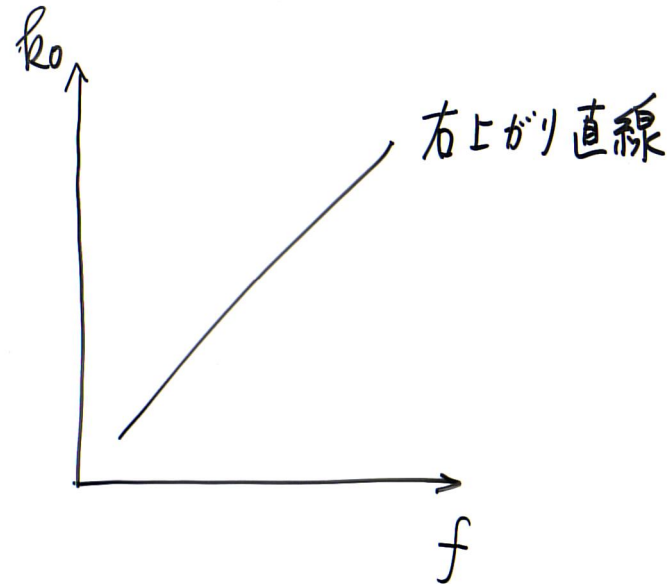
$x = 0 \sim \lambda$ まで
位相は 2π 変化。

$k_0 \lambda = 2\pi$

$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ (波数)

Wave number

$= \frac{2\pi f}{c} = \frac{\omega}{c}$



2014年04月14日 13時24分

★電磁気学 (Maxwell方程式) の復習

$\left\{ \begin{array}{ll} \text{電界ベクトル } E, \text{ 電束密度, } D \\ \text{磁界 } H, \text{ 磁束密度, } B \end{array} \right.$

誘電率 $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ (比誘電率 $\times$ 真空)

透磁率 $\mu = \mu_r \mu_0$ (比透磁率 $\times$ 真空)

★Maxwell方程式

アンペールの法則 $\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$... ①

ファデーの法則 $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$

(電気の) ガウスの法則 $\nabla \cdot D = \rho$

(磁気の) " $\nabla \cdot B = 0$

真空中や真空中では電流密度 $J=0$, 電荷密度 $\rho=0$

★ベクトル微分, 回転 ($\nabla \times$) 式①

$$\nabla \times H = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right) \hat{i} + \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) \hat{j} + \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right) \hat{k} \quad \dots (1a)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{\partial D_x}{\partial t} \hat{i} + \frac{\partial D_y}{\partial t} \hat{j} + \frac{\partial D_z}{\partial t} \hat{k} \quad (1b)$$

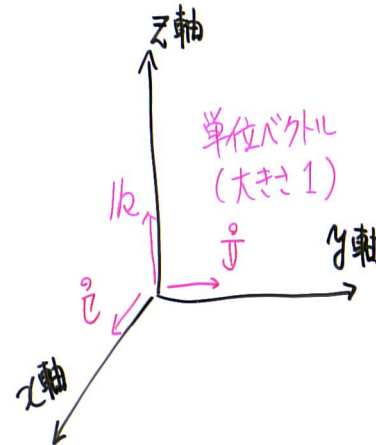
(電流 $J=0$ とする)

式(1a) = 式(1b)となるためには,

$$\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} = \frac{\partial D_x}{\partial t} \quad \dots (2a)$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} = \frac{\partial D_y}{\partial t} \quad \dots (2b)$$

$$\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} = \frac{\partial D_z}{\partial t} \quad \dots (2c)$$



$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k}, \quad \frac{\partial}{\partial} \text{ ライプナー 偏微分記号}$$

2014年04月14日 13時42分

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (\text{ファラデー})$$

$$\text{左辺} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) \hat{i} + \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) \hat{j} + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \hat{k}$$

$$\text{右辺} = -\frac{\partial B_x}{\partial t} \hat{i} - \frac{\partial B_y}{\partial t} \hat{j} - \frac{\partial B_z}{\partial t} \hat{k}$$

成分で書くと.

$$\begin{cases} \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = -\frac{\partial B_x}{\partial t} & \dots (3a) \\ \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = -\frac{\partial B_y}{\partial t} & \dots (3b) \\ \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = -\frac{\partial B_z}{\partial t} & \dots (3c) \end{cases}$$

(電気) ガウスの法則

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0 \quad (\text{真空で } \rho = 0 \text{ だから})$$

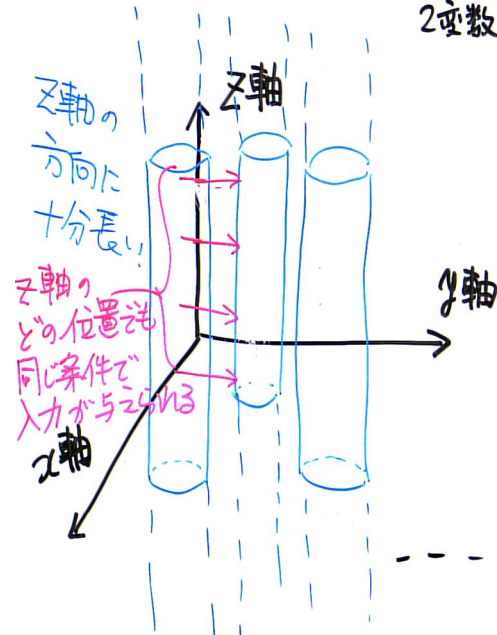
$$\left[\begin{aligned} \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} &= AB \cos \theta \\ \begin{cases} \mathbf{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k} \\ \mathbf{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k} \end{cases} \\ \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} &= A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z \end{aligned} \right]$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = 0 \quad \dots (4)$$

(磁気) ガウスの法則

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0 \quad \dots (5)$$

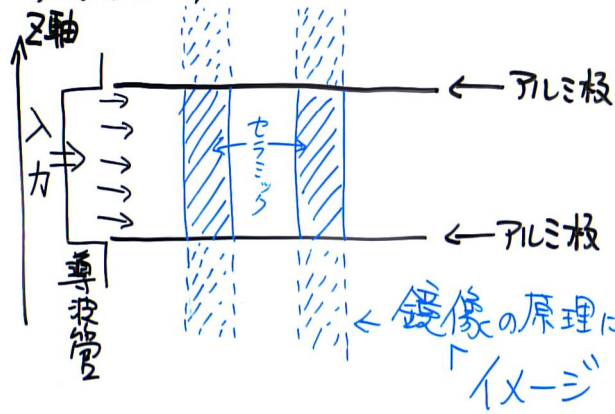
★ 2次元問題 (x, y, t) 2変数



2つの条件が成り立つとき
z軸方向の電磁界の変化
は無いと仮定できる。

↓
形式的に $\frac{\partial}{\partial z} \rightarrow 0$ と
みなせる。

実験では、どのように2次元を実現するか?



「鏡像原理
に基づく、仮想
的2次元構造」

← 鏡像の原理に基づく
「イメージ」(鏡像)

★ Maxwellの式を、3次元から2次元に書き換え。

① $\frac{\partial}{\partial z} \Rightarrow 0$

式(2a)より $\frac{\partial H_z}{\partial y} = \frac{\partial D_x}{\partial t}$

(2b) $-\frac{\partial H_z}{\partial x} = \frac{\partial D_y}{\partial t}$

(2c) $\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} = \frac{\partial D_z}{\partial t}$

(3a) $\frac{\partial E_z}{\partial y} = -\frac{\partial B_x}{\partial t}$

(3b) $-\frac{\partial E_z}{\partial x} = -\frac{\partial B_y}{\partial t}$

(3c) $\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = -\frac{\partial B_z}{\partial t}$

(4) $\frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} = 0$

(5) $\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} = 0$

宿題

式(2a) ~ (3c)が2組(式3つずつ)に分かれることを確かめよ。

▲ ヒント: $D_x = \epsilon E_x$, $B_x = \mu H_x$ のように、初めに書き直す。